



Guide pédagogique

Module « Modélisation des phénomènes industriels dangereux »
RISK_9.2 (4 crédits ECTS) – Semestre 9

Place du module et enjeux

Ce module constitue un bloc de connaissances fondamental pour l'ingénieur en risques. Il présente l'essentiel des phénomènes dangereux qui peuvent survenir sur site industriel. Ces phénomènes sont expliqués en détail avec présentation des causes et des conséquences ; ainsi que les méthodes de modélisation des distances de sécurité. Un fort focus est fait sur les réalités industrielles grâce à l'implication de nombreux intervenants extérieurs.

Teaching guide and syllabus

Module "Physics of industrial hazards"
RISK_9.2 (4 ECTS credits) – Semester 9

Subject matter importance and associated issues

This module constitutes a fundamental block of knowledge for the risk engineer. It presents most of the dangerous phenomena that can occur on industrial site. These phenomena are explained in detail with presentation of causes and consequences, as well as methods for modelling safety distances. A strong focus is made on industrial realities thanks to the involvement of many external stakeholders.

ENSEIGNEMENTS ACADEMIQUES	Volume horaire	Détail des coefficients	Crédits
Modélisation des phénomènes industriels dangereux	56 h		4
○ 9.2.1. Emballément de réaction chimique-thermique	6	1	
○ 9.2.2. Dispersion atmosphérique	15	1	
○ 9.2.3. Incendie	14	1	
○ 9.2.4. Explosion	21	2	

Emballlement de réaction chimique-thermique

Code : RISK_9.2.1									
Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
6	6	5				1		1	
Résumé	Ce cours présente les bases théoriques et les dispositifs techniques de prévention et protection								
Responsable	Bruno CORTET								
Equipe enseignante	Bruno CORTET								
Mots-clés	Emballlement réactionnel, événement								
Prérequis	Thermodynamique chimique, cinétique chimique								
Contexte et objectif général	Ce cours a pour objectif de présenter les principes liés aux emballlements réactionnels, les raisons d'apparition ainsi que les dispositifs de prévention et de protection.								
Programme et contenu :	<p>Rappels de cinétique chimique et thermochimie Les différents systèmes (vapeur, gassy, hybride) Les moyens expérimentaux de caractérisation (screening) Etude de l'emballlement réactionnel Les moyens de prévention et protection</p>								
Méthode et organisation pédagogique :	Cours magistral								
Acquis d'apprentissage visés :	<p>Compréhension du risque emballlement réactionnel Connaissance des moyens de protection et prévention</p>								
Evaluation :	Contrôle								
Retour sur l'évaluation fait à l'élève :	Sur demande								
Support pédagogique et références :	Powerpoint								

Dispersion atmosphérique

Code : RISK_9.2.2									
Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
15	15	14				1		1	
Résumé	Ce cours traite des fuites accidentelles et de leurs conséquences.								
Responsable	Guillaume LEROY								
Equipe enseignante	Guillaume LEROY Experts DNV GL (équipe technique support PHAST)								
Mots-clés	Modélisation des conséquences, flash thermodynamique, évaporation, dispersion atmosphérique, terme source, ALOHA, PHAST, analyse des risques, accidents industriels.								
Prérequis	CFD, équations de la mécanique des fluides, analyse de risque, risque industriel								
Contexte et objectif général :	Les accidents industriels restent un défi majeur. L'objectif de ce cours est de comprendre les principaux risques dans les industries de l'énergie et de quantifier les conséquences d'accidents potentiels par la modélisation des différents types de fuite, de l'évaporation de nappe et de la dispersion atmosphérique. Le progiciel PHAST est à ce titre approfondi.								
Programme et contenu :	<p>Les principaux modes de rejets</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terme source (rejet, évaporation de nappe) • Dispersion du nuage (transport / diffusion, conditions météorologiques, conditions environnementales, modélisation de la dispersion) • Effets toxiques (notion de seuil toxique, modélisation) <p>La partie PHAST comporte des cours transmissifs des ateliers avec utilisation pratique du progiciel. La conférence fournit une introduction et un contexte aux concepts clés. Pour la démonstration du logiciel, le formateur explique les principaux aspects de PHAST et illustre les concepts clés. Les étudiants se familiariseront avec PHAST sur leur propre ordinateur pendant les séances de démonstration.</p>								
Méthode et organisation pédagogique :	Cours consistant à décrire la physique des fuites accidentelles de substances gazeuses, liquides ou liquéfiées. Un focus sera également fait sur l'évaporation d'un liquide au sol et sur la dispersion des gaz.								
Acquis d'apprentissage visés :	Comprendre la phénoménologie et les conséquences de fuites sur procédé. Assimiler les méthodes de calculs. Comprendre le fonctionnement d'un logiciel de modélisation.								
Evaluation :	QCM d'une heure – questions de cours								
Retour sur l'évaluation fait à l'élève :	<i>Principalement sur demande mais le formateur pose des questions tout au long du cours pour évaluer la compréhension des étudiants. Les exercices écrits à effectuer sur PHAST impliquent de quantifier les conséquences d'un éventuel accident. Les étudiants comparent les résultats entre eux et avec le formateur. Toute divergence est alors discutée et clarifiée.</i>								
Support pédagogique et références :	<i>Présentation ppt, Omega 8, Omega 19, omega 12, Omega 2, Logiciel PHAST</i>								

Incendie

Code : RISK_9.2.3									
Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
14	14	13				1		1	
Résumé	Cette partie présente les concepts fondamentaux des feux et de l'incendie. Des focus approfondis sont faits sur les feux de nappe, de torche et d'entrepôt. Cette partie présente aussi les fondamentaux du Boilover, les travaux de modélisation ainsi que les moyens de prévention et de lutte.								
Responsable	Florian TENA-CHOLLET								
Equipe enseignante	Guillaume LEROY Eric PAILLIER								
Mots-clés	Effets radiatifs, incendie, effets toxiques, modélisation, dispersion atmosphérique, terme source, ALOHA, FDS, réservoir, hydrocarbures, explosion, boule de feu								
Prérequis	Transfert de chaleur, modélisation, CFD, équations de la mécanique des fluides, analyse de risque, connaissance des risque majeurs, connaissance de la gestion de crise publique, connaissance des PPRT								
Contexte et objectif général : L'étudiant doit, à la fin de ce cours, être en capacité de connaitre les facteurs menant aux différents phénomènes liés à l'incendie, d'en comprendre le fonctionnement et les conséquences en modélisant l'incendie et ses effets thermiques.									
Programme et contenu :									
<ul style="list-style-type: none"> • Introduction <ul style="list-style-type: none"> ○ Les grandes familles de phénomènes dangereux, retour d'expérience ○ Objectifs et principes de la modélisation • Incendie <ul style="list-style-type: none"> ○ Définition et phénoménologie ○ Effets physiques et seuils réglementaires • Feu de nappe, feu d'entrepôt et feu-torche <ul style="list-style-type: none"> ○ Phénoménologies et Principes de modélisation • Boilover <ul style="list-style-type: none"> ○ Présentation des différentes conceptions de réservoir ○ Présentation des caractéristiques des liquides inflammables liées aux Boil Over ○ Historique des Boil Over passés ○ Modélisation du phénomène, conséquences et moyens de lutte 									
Méthode et organisation pédagogique : Cours consistant à décrire certains phénomènes dangereux et notamment les feux de nappe, les feux d'entrepôt, les feux torche et la dispersion de gaz, présentation des outils pour la modélisation, applications pratiques avec des formules empiriques, manipulation des logiciels ALOHA et FDS.									
Acquis d'apprentissage visés : Comprendre la phénoménologie du feu de nappe, du feu d'entrepôt, du feu torche et de la dispersion atmosphérique. Assimiler les méthodes de calculs. Comprendre le fonctionnement d'un logiciel de modélisation. Connaissance globale du phénomène de Boilover pour devenir un professionnel averti en charge de réduire les probabilités d'occurrence du phénomène ou sa gravité en site industriel.									
Evaluation : <i>QCM d'une heure – questions de cours</i>									
Retour sur l'évaluation fait à l'élève : <i>Sur demande</i>									
Support pédagogique et références : <i>Présentation ppt, Omega 8, Omega 19, omega 12, Omega 2, vidéos.</i>									

Explosion

Code : RISK_9.2.4									
Heures présentiel	Heures total	Cours	TD	TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
21	21	19				2		2	
Résumé	L'explosion de gaz est un risque industriel majeur. Plusieurs accidents célèbres mais dévastateurs jalonnent l'histoire industrielle. Les objectifs de cet ensemble de cours sont de mieux connaître les phénomènes d'explosion et de pouvoir évaluer les conséquences de tels phénomènes avec des méthodes bien adaptées.								
Responsable	Florian TENA-CHOLLET								
Equipe enseignante	Jérôme DAUBECH Pol HOORELBEKE Jean NUGEL Clément CHANUT								
Mots-clés	Explosion, VCE, effets de surpression, BLEVE, ATEX, électricité statique.								
Prérequis	Dispersion atmosphérique, thermodynamique								
Contexte et objectif général :	L'explosion de gaz est un risque majeur rencontré dans l'industrie. Des accidents sévères jalonnent l'histoire industrielle récente en France et à l'étranger (accidents de la Mède en France, de Texas City aux Etats Unis, ou de Buncefield en Angleterre, etc.). La violence de l'explosion et les dégâts engendrés sont considérables (pertes humaines et matérielles). Ces accidents très dévastateurs montrent l'intérêt pour un ingénieur destiné à travailler dans le domaine des risques industriels de mieux connaître ces phénomènes et les méthodes associés pour en évaluer ces conséquences. Les différents types de décharges électrostatiques pouvant enflammer une atmosphère explosive sont également expliquées ainsi que les contre-mesures habituelles.								
Programme et contenu :	<ul style="list-style-type: none"> • Les différents types d'explosion, concepts théoriques • Décharges électrostatiques (matériaux, modes de chargement, dissipation des charges) • Les notions fondamentales et expérimentales de propagation de flammes • Les explosions non confinées • La méthode Multi-Energie • Les explosions confinées : <ul style="list-style-type: none"> • Phénoménologie et calculs d'effets • Event d'explosion • Prévenir les explosions et mesures de réduction des risques 								
Méthode et organisation pédagogique :	La méthode pédagogique qui est utilisée est principalement la méthode affirmative ou expositive (les formateurs maîtrisent le contenu et transmettent leurs connaissances sous forme d'exposés). Des cas concrets sont utilisés pour des mises en application. Des vidéos sont utilisées pour illustrer les phénomènes. Des études de cas ont pour but d'identifier les risques sur une unité de production (ATEX).								
Acquis d'apprentissage visés :	Application de la méthode Multi-énergie pour l'évaluation des distances d'effets de surpression (étude de risques, études de danger, ...). Dimensionnement d'évent pour les explosions confinées. A la fin de la formation l'étudiant a une très bonne compréhension du phénomène BLEVE. Il sait faire des calculs des conséquences liées à un BLEVE. Il a une idée des mesures de réduction du risque et il a une connaissance de la législation en France.								
Evaluation :	<i>Questionnaire à choix multiples comportant des questions de cours et une application pratique. Contrôle écrit sur la partie BLEVE</i>								
Retour sur l'évaluation fait à l'élève :	<i>Sur demande</i>								
Support pédagogique et références :	<i>Présentations PowerPoint, Supports vidéo. Fascicule de 80 pages (BLEVE).</i>								

Modalité d'évaluation

Le niveau d'acquisition des compétences sera évalué selon les exigences suivantes :

N° indicateur	Indicateur
1	Connaitre les savoirs formels et pratiques du socle des fondamentaux
2	Exploiter les savoirs théoriques et pratiques
3	Analyser, interpréter, modéliser, émettre des hypothèses, et résoudre

Répartition

Matière	Contrôle	Coefficient	Niveau d'acquisition
9.2.1. Emballément de réaction chimique-thermique	Contrôle écrit	1	3
9.2.2. Dispersion atmosphérique	QCM	1	2
9.2.3. Incendie	QCM	1	2
9.2.4. Explosion	QCM et Contrôle écrit	2	3

Engagement de l'étudiant, éthique et professionnalisme

La démarche éthique est définie dans le règlement intérieur de l'établissement. Chaque étudiant s'engage à en prendre connaissance et à la respecter.

Obligation des cours : La présence à chacun des cours est obligatoire.

Nombre d'heures estimées de travail personnel : pour acquérir les compétences demandées, il est nécessaire que l'étudiant consacre suffisamment de temps en dehors des heures de cours pour assimiler le contenu des cours. Ce temps est propre à chaque étudiant.

Pénalité pour retard

Dans le cas d'une absence à la soutenance d'évaluation. La note 0 sera affectée en l'absence de justificatif valable.

Équipe enseignante

Nom	Domaine d'expertise	Courriel/Téléphone
<i>Guillaume Leroy</i>	Débit à la brèche	Donné lors du cours
<i>Jérôme Daubech</i>	Explosion	Donné lors du cours
<i>Pol Hoorelbeke</i>	BLEVE	Donné lors du cours
<i>Guillaume Leroy</i>	Incendie	Donné lors du cours
<i>Eric Paillier</i>	BOILOVER	Donné lors du cours
<i>Jean Nugel</i>	Electrostatique - Atex	Donné lors du cours
<i>Clément Chanut</i>	Explosion de poussières	Clement.chanut@mines-ales.fr
<i>Intervenants DNV</i>	Modélisation des risques	Donné lors du cours
<i>Bruno Cortet</i>	Modélisation des risques	Donné lors du cours

English Version

ACADEMIC TEACHING	Teaching hours	Coefficients	Crédits
Physics of industrial hazards	56 h		4
○ 9.2.1. Chemical-thermal reaction runaway	6	1	
○ 9.2.2. Atmospheric dispersion	15	1	
○ 9.2.3. Fire	14	1	
○ 9.2.4. Explosion	21	2	

Chemical-thermal reaction runaway

Code : RISK_9.2.1									
Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
7	7	6				1		1/7	
Summary	This course presents the theoretical bases and the technical devices of prevention and protection								
Head	To be defined								
Teaching team	To be defined								
Keywords	Chemical reaction, vent, gassy, vapour, hybrid								
Prerequisites	Chemical thermodynamics, chemical kinetics								
Context and general objectives:									
The purpose of this course is to present the principles related to runaway reactions, the reasons for occurrence, as well as prevention and protection devices.									
Program and contents:									
Recall of chemical kinetics and thermochemistry									
The different systems (vapor, gassy, hybrid)									
Experimental means of characterization									
Study of the reaction runaway									
The means of prevention and protection									
Method and pedagogic organization:									
Lecture									
Targeted skills or knowledge:									
Understanding the risk of reactional runaway									
Knowledge of the means of protection and prevention									
Evaluation:									
<i>Exam</i>									
Feedback made to the student:									
<i>On request</i>									
Teaching materials and references:									
<i>Powerpoint presentation</i>									

Atmospheric dispersion

Code : RISK_9.2.2									
Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
15	15	14				1		1	
Summary	Gas explosion is an industrial major risk. Several famous but devastating accidents punctuates the industrial history. The purposes of this course are to better know the explosion phenomena and to be able to evaluate the consequences of a such phenomenon with the well-suited methods.								
Head	DAUBECH Jérôme								
Teaching team	DAUBECH Jérôme DNV								
Keywords	Explosion – VCE – overpressure effects								
Prerequisites	Atmospheric dispersion								
Context and general objectives:	The gas explosion (VCE) is a major risk encountered in the industry. Severe accidents punctuate the recent industrial history in France and abroad (such as the accidents of the Medes in France, Texas City in the United States, or Buncefield in England more recently). The violence of the explosion and the damage caused are considerable (human and material losses). These very devastating accidents show the interest for an engineer destined to work in the field of industrial risks to better know these phenomena and associated methods to evaluate them.								
Program and contents:	<p>The different types of explosions:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentals of flame spread • Unconfined explosions • The Multi-Energy method • Confined explosions • Phenomenology • Explosion event • Prevent explosions • PHAST 								
Method and pedagogic organization:	Lecture Application on study cases Video illustrations								
Targeted skills or knowledge:	Application of the Multi-energy method for the evaluation of the distances of effects of overpressure (study of risks, studies of danger, ...) Vent sizing for confined explosions.								
Evaluation:	<i>Multiple choice questionnaire with course questions and a practical application.</i>								
Feedback made to the student:	<i>On request</i>								
Teaching materials and references:	<i>PowerPoint Presentation, Video Media</i>								

Fire

Code : RISK_9.2.3									
Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
14	14	13				1		1	
Summary	This course presents experimental and modeling work related to BLEVE as well as measures to reduce this risk								
Head	Florian TENA-CHOLLET								
Teaching team	Guillaume LEROY Eric PAILLIER								
Keywords	Radiative effects, fire, toxic effects, modeling, atmospheric dispersion, source term, ALOHA, FDS								
Prerequisites	Heat transfer, modeling, CFD, fluid mechanics equations, risk analysis, industrial risk								
Context and general objectives: Modeling of fire and atmospheric dispersion - notion of thermal and toxic effects on humans.									
Program and contents: Introduction The big families of dangerous phenomena Experience feedback Objectives and principles of modeling Fire: generalities Definition and phenomenology Physical effects Regulatory thresholds Surface fire Phenomenology and Modeling Principle Warehouse fire Phenomenology and Modeling Principle Torch light Phenomenology and Modeling Principle									
Method and pedagogic organization: Course on describing certain hazards including slug fires, warehouse fires, torch fires and gas dispersion, presentation of tools for modeling, practical applications with empirical formulas, manipulation of ALOHA and SDS software.									
Targeted skills or knowledge: Understand the phenomenology of tablecloth fire, warehouse fire, torchlight and atmospheric dispersion. Assimilate the calculation methods. Understand how a modeling software works.									
Evaluation: <i>One-hour multiple choice questions.</i>									
Feedback made to the student: <i>On request</i>									
Teaching materials and references: <i>Presentation ppt, Omega 8, Omega 19, Omega 12, Omega 2.</i>									

Explosion

Code : RISK 9.2.4									
Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop	Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
8	8	7				1		1/7	
Summary	This course introduces the fundamental concepts of fire and fire. In-depth focus is on surface fire, torch and warehouse fire								
Head	Florian TENA-CHOLLET								
Teaching team	Jérôme DAUBECH Pol HOORELBEKE Jean NUGEL Clément CHANUT								
Keywords	Explosions								
Prerequisites	Thermodynamics								
Context and general objectives: Modeling of fire and atmospheric dispersion - notion of thermal and toxic effects on humans.									
Program and contents: Introduction The big families of dangerous phenomena Experience feedback Objectives and principles of modeling Fire: generalities Definition and phenomenology Physical effects Regulatory thresholds Surface fire Phenomenology and Modeling Principle Warehouse fire Phenomenology and Modeling Principle Torch light Phenomenology and Modeling Principle									
Method and pedagogic organization: Course on describing certain hazards including slug fires, warehouse fires, torch fires and gas dispersion, presentation of tools for modeling, practical applications with empirical formulas, manipulation of ALOHA and SDS software.									
Targeted skills or knowledge: Understand the phenomenology of tablecloth fire, warehouse fire, torchlight and atmospheric dispersion. Assimilate the calculation methods. Understand how a modeling software works.									
Evaluation: <i>One-hour multiple choice questions.</i>									
Feedback made to the student: <i>On request</i>									
Teaching materials and references: <i>Presentation ppt, Omega 8, Omega 19, Omega 12, Omega 2.</i>									

Testing procedures

The student's level of knowledge acquisition will be evaluated according to the following points:

N° Indicator	Indicator
1	To know the formal and practical knowledge constituting the foundation of a given field
2	Exploit theoretical and practical knowledge
3	Analyse, interpret, model, hypothesize and solve problems

Grading scheme:

Academic teaching	Testing	Coefficient	Level
9.2.1. Chemical-thermal reaction runaway	Written test	1	3
9.2.2. Atmospheric dispersion	MCQ	1	2
9.2.3. Fire	MCQ	1	2
9.2.4. Explosion	MCQ and Written test	2	3

Student commitments, ethics and professionalism

Expectations concerning ethics are defined in the establishment's code of conduct. Each student is expected to know and respect the code of conduct.

Course requirements:

Attendance at each course is mandatory.

Estimated hours of personal study:

To acquire the required skills, it is necessary for the student to spend enough time outside of class time to assimilate the course content. This time is specific to each student.

Late penalties

In the case of an absence at the defense of evaluation. The score 0 will be affected in the absence of valid proof.


Teaching team

Name	Field of expertise	Mail/Phone
<i>Guillaume Leroy</i>	Leaks	Given during the course
<i>Jérôme Daubech</i>	Explosion	Given during the course
<i>Pol Hoorelbeke</i>	BLEVE	Given during the course
<i>Guillaume Leroy</i>	Fire	Given during the course
<i>Eric Paillier</i>	BOILOVER	Given during the course
<i>Jean Nugel</i>	Electrostatics - Atex	Given during the course
<i>Clément Chanut</i>	Dust explosion	Clement.chanut@mines-ales.fr
<i>DNV trainers</i>	Modeling	Given during the course
<i>Bruno Cortet</i>	Modeling	Given during the course

Approbation

Ce guide pédagogique entre en vigueur à compter du 01/06/2023.

Il est porté à la connaissance des élèves par une publication sur Campus.

Rédaction	Vérification	Validation
L'enseignant responsable du module : Florian Tena-Chollet 	Le responsable d'UE / de département : Miguel Lopez-Ferber	Le directeur de l'école, Pour le directeur et par délégation, Le directeur de la DFA / de la DE : Michel Ferlut